



Aprendizaje de las reacciones químicas a través de actividades de indagación en el laboratorio sobre cuestiones de la vida cotidiana

Learning chemical reactions through inquiry-based laboratory tasks about everyday life issues

Leticia González Rodríguez, Beatriz Crujeiras Pérez
Universidade de Santiago de Compostela
leticia.gonzalez.rodriguez@rai.usc.es, beatriz.crujeiras@usc.es

RESUMEN • En este artículo se examinan los desempeños del alumnado de secundaria durante la resolución de dos actividades de indagación sobre las reacciones químicas, en las que tienen que planificar cómo resolver cuestiones relacionadas con la vida cotidiana. Los participantes son estudiantes de 3.º de ESO que cursan la materia de Física y química y que trabajan en pequeños grupos. Para el análisis se recogen las respuestas escritas de cada pequeño grupo relativas a la planificación de la investigación, toma de datos y elaboración del informe final para cada tarea. Los resultados principales apuntan a una evolución en los desempeños del alumnado relativos a algunas operaciones de indagación, así como también a ciertas dificultades relativas al diseño de las investigaciones.

PALABRAS CLAVE: reacción química; redox; indagación; laboratorio; secundaria.

ABSTRACT • This paper seeks to examine high school students' performances when solving two inquiry based tasks about chemical reactions, in which they have to plan how to solve issues related to everyday life. The participants are 9th grade students attending Physics and Chemistry lessons, who work in small groups. For the analysis, students' written responses related to the planning, data collection and final reports for each task are collected. The main results point to students' difficulties in planning the investigations as well as a small evolution in students' performances in task 2 respect to task 1.

KEYWORDS: chemical reaction; redox; inquiry; laboratory; high school.

Recepción: diciembre 2015 • Aceptación: mayo 2016 • Publicación: noviembre 2016

González Rodríguez, L., Crujeiras Pérez, B., (2016) Aprendizaje de las reacciones químicas a través de actividades de indagación en el laboratorio sobre cuestiones de la vida cotidiana. *Enseñanza de las Ciencias*, 34.3, pp. 143-160

INTRODUCCIÓN

Hoy en día las actividades de indagación se consideran una herramienta muy beneficiosa para el aprendizaje del alumnado, tanto sobre contenidos y destrezas científicas como acerca de la ciencia. Además, en la actualidad la indagación forma parte de una de las competencias científicas que se examinan en la evaluación internacional PISA, la *competencia en evaluar y diseñar indagaciones científicas* (OECD, 2013). En España, los nuevos currículos de secundaria (MECD, 2014) también ponen el acento sobre esta competencia, incluyendo como bloque de contenidos la iniciación a la actividad científica, uno de cuyos criterios de evaluación en 3.º de ESO demanda la realización de pequeños proyectos de investigación, lo que implica llevar a cabo operaciones de indagación.

En este artículo se examina el proceso de resolución de dos actividades de indagación en el laboratorio por parte de alumnado de secundaria. Los objetivos de investigación son: 1) analizar los desempeños del alumnado a través de sus respuestas a los informes escritos de las tareas de indagación; y 2) examinar la evolución de dichos desempeños de la primera tarea a la segunda, es decir, la transferencia del conocimiento.

MARCO TEÓRICO

La indagación en el laboratorio

En la actualidad existe cierto consenso sobre la importancia de aprender ciencias a partir de la propia experiencia, es decir, involucrar al alumnado de forma activa en el aprendizaje es lo que se demanda desde el enfoque europeo de enseñanza a través del desarrollo de competencias en los estudiantes de secundaria (OECD, 2008; 2013), así como desde la investigación en didáctica de las ciencias (Duschl y Grandy, 2013; Osborne, 2011; Reiser, Berland y Kenyon, 2012).

En este enfoque, la enseñanza a través de la indagación juega un papel importante ya que requiere la participación activa de los estudiantes en el proceso de aprendizaje, además de promover la construcción de significados y el desarrollo gradual de destrezas (Grey, 2012). Entre las destrezas más características de la indagación se encuentran la identificación de las preguntas y los conceptos que guían las investigaciones científicas, el diseño e implementación de investigaciones, el reconocimiento y análisis de explicaciones y modelos alternativos o la comunicación de argumentos científicos (NRC, 1996; 2000).

El laboratorio escolar constituye un recurso idóneo para desarrollar el proceso de indagación (Luneta, Hofstein y Clough, 2008), así como para contribuir al desarrollo de las competencias entre el alumnado. Hoy en día no son cuestionables los aspectos positivos de actividades experimentales en la educación secundaria, ya que permiten que el alumnado participe en las prácticas de la comunidad científica, promueven su interés por el aprendizaje de la materia a la vez que se familiarizan con el manejo de técnicas, ayudan a ejemplificar la teoría y a comprender la naturaleza de la ciencia (Taber, 2015). Cuando las actividades se formulan de forma adecuada, permiten a los estudiantes comprender mejor el funcionamiento de la ciencia y contribuyen a desarrollar la competencia científica, así como a alcanzar los objetivos del currículo (Crujeiras y Jiménez, 2012). Como ha sido ampliamente estudiado en las últimas décadas (Chinn y Malholtra, 2002; Gott y Dugan, 1995; Hodson, 1998), no todas las actividades de laboratorio son adecuadas para permitir el aprendizaje del alumnado de forma activa. Ciertos estudios sugieren que las actividades de laboratorio deben enfocarse hacia la implicación del alumnado en la planificación de la investigación (Etkina, Murthy y Zou, 2006), la participación del alumnado como investigador apelando al desarrollo de aptitudes de razonamiento más que de mani-

pulación (Doménech Casal, 2013) y la contextualización en situaciones auténticas de resolución de problemas (Lee y Songer, 2003).

Cabe señalar que existen muchas actividades de laboratorio en la literatura que se presentan como de indagación cuando en realidad los estudiantes tienen que limitarse a seguir una serie de pasos pre-establecidos. Una explicación puede encontrarse en las dificultades que experimentan los estudiantes al resolver este tipo de tareas, por ejemplo a la hora de comprender el problema que han de investigar y aplicar el conocimiento aprendido para diseñar la investigación (Puntambekar y Kolodner, 2005) o para identificar pautas en los datos a la hora de interpretar los resultados de la investigación (Austin, Holding, Bell y Daniels, 1991). Por tanto, es necesario proporcionar a los estudiantes cierta guía para la resolución adecuada de este tipo de tareas y conseguir, de forma gradual, que finalmente las puedan llevar a cabo autónomamente (Crujeiras y Jiménez, 2015).

En este trabajo la guía se proporciona a través del propio diseño de la tarea, como se comenta en el apartado de metodología.

En resumen, debido a la potencialidad de las actividades de laboratorio como recurso de aprendizaje, el uso de actividades de indagación puede ayudar al alumnado a comprender mejor los fenómenos científicos, especialmente aquellos de carácter abstracto, como por ejemplo el concepto de reacción química, el cual se aborda a continuación.

Enseñanza y aprendizaje de las reacciones químicas

La reacción química es uno de los contenidos más relevantes en la enseñanza de la química, y uno de los referentes básicos del currículo, tanto en la ESO como en el bachillerato, ya que, además de ser el punto de partida para comprender otros contenidos, sirve también para explicar muchos fenómenos de la realidad que nos rodea (Aragón, Oliva y Navarrete, 2013). Para que el alumnado sea capaz de aplicar el conocimiento sobre las reacciones químicas a la vida cotidiana, necesita tener conocimiento también sobre muchos otros conceptos tales como el de enlace químico o la naturaleza corpuscular de la materia e integrarlos de forma adecuada (Yan y Talanquer, 2015). Esto presenta grandes dificultades para el alumnado de secundaria, como ha sido ampliamente estudiado en la literatura (Caamaño, 1998; Furió y Furió, 2000; Hesse y Andersson, 1992; Martín del Pozo, 2001; Tsaparlis, 2003). Una de las mayores dificultades asociadas a este contenido y su aplicación deriva del uso de diferentes niveles de representación para interpretar los fenómenos químicos (Gabel, 1998; Johnstone, 1993): el *macroscópico*, que estudia las sustancias y sus propiedades, los procesos y los fenómenos; el *submicroscópico*, que estudia modelos corpusculares (moléculas, átomos, iones, electrones, etc.), y el *simbólico*, que comprende los símbolos, fórmulas o ecuaciones utilizadas para representar y comunicar conceptos e ideas (Johnstone, 1993). Teniendo en cuenta este enfoque, las reacciones químicas se consideran como un proceso mediante el cual algunas sustancias desaparecen y aparecen otras nuevas (nivel macro) o como un proceso en el que las partículas se reordenan (nivel submicro), mientras que la descripción del proceso se representa a través de las ecuaciones químicas (nivel simbólico). El alumnado, al final de la educación secundaria, debería ser capaz de articular los tres niveles de representación para interpretar ciertas reacciones químicas presentes en la vida cotidiana. Sin embargo, esto no siempre se consigue, debido a la persistencia de ciertas ideas alternativas, como por ejemplo, considerar la materia como algo estático y continuo, lo cual entra en conflicto con la comprensión del concepto de reacción química a nivel microscópico (Andersson, 1990).

Otras dificultades que influyen en el proceso de aprendizaje del cambio químico son aquellas relacionadas con la aplicación de la nomenclatura química (Valero y Mayora, 2009), la simbología química (Dori y Hameiri, 2003), la comprensión de las transformaciones de materia (Tsaparlis, 2003) y la reordenación de los átomos después de la reacción (Hesse y Anderson, 1992) o la confusión entre los

elementos participantes en estas, como átomo, ión y molécula (Barke, 2012). Cabe señalar que todas estas dificultades se deben tener en cuenta cuando se diseñan actividades de aprendizaje sobre las reacciones químicas a cualquier nivel, ya que son muy persistentes y han sido identificadas en estudios con alumnado de distintos niveles, incluso universitarios (Taskin y Bernholt, 2014).

Una de las reacciones químicas con más presencia en la vida cotidiana es la reacción de oxidación-reducción, la cual se considera como una de las más difíciles de comprender por el alumnado (De Jong y Treagust, 2002; Soudami *et al.*, 2000). Este contenido presenta, además de las dificultades anteriormente citadas, otras derivadas de la definición histórica del concepto de oxidación-reducción, como la transferencia de oxígeno, que provoca la asociación de la participación de oxígeno en el proceso en lugar de la transferencia de electrones (Barke, 2012; Schmidt, 1997). Esta concepción se ha identificado incluso entre el alumnado universitario (Crujeiras y Jiménez, 2015). Además de la transferencia de electrones, los estudiantes conciben las reacciones de oxidación y de reducción como procesos independientes, lo que dificulta la comprensión y asignación de los números de oxidación de los reactivos (De Jong y Treagust, 2002).

Una de las causas de que el alumnado presente estas dificultades se debe a las estrategias utilizadas para abordar estos contenidos en el aula. Así, las reacciones químicas, y en particular las de oxidación-reducción, se trabajan generalmente a través de la resolución de problemas abstractos (Soudami *et al.*, 2000), lo que dificulta la aplicación de este conocimiento para interpretar fenómenos de la vida cotidiana. Las actividades de tipo experimental serían un buen complemento para favorecer la aplicación de este tipo de contenidos, como ha sido señalado en la literatura (Haigh, France y Gounder, 2012; Johnstone, 1993).

En este trabajo no nos centramos en el proceso de aprendizaje de estos contenidos por parte del alumnado, sino que se utiliza la reacción de oxidación-reducción como contexto para introducir al alumnado en el diseño de investigaciones.

METODOLOGÍA

El estudio se enmarca en la investigación cualitativa, utilizando como estrategia el análisis del contenido (Schreier, 2012) encaminado a describir de forma sistemática el significado del material cualitativo mediante su clasificación en una serie de categorías dentro de un marco de codificación.

Los participantes son dos clases de estudiantes de 3.º de ESO que cursan la materia de física y química de un centro público urbano: clase A (N=27) y clase B (N=26). Se corresponden con los estudiantes a los que la autora 1 impartía docencia en el momento de la toma de datos para la investigación.

Los estudiantes tienen experiencia en realizar actividades de laboratorio del tipo experiencias de confirmación, pero es la primera vez que se enfrentan a la resolución de actividades de indagación.

Para examinar los desempeños del alumnado en la indagación se diseñan dos actividades de laboratorio situadas en contextos próximos a los estudiantes, en las cuales trabajan en pequeños grupos de 3-4 integrantes que se mantienen invariantes en su estructura durante la realización de las dos tareas. Dichas actividades se enmarcan dentro de una propuesta didáctica diseñada para trabajar el contenido de la reacción química y sus tipos a lo largo de nueve sesiones de 50 minutos cada una. De las nueve sesiones establecidas, tres se dedican a las actividades de indagación. En la figura 1 se resume el diseño de la secuencia.

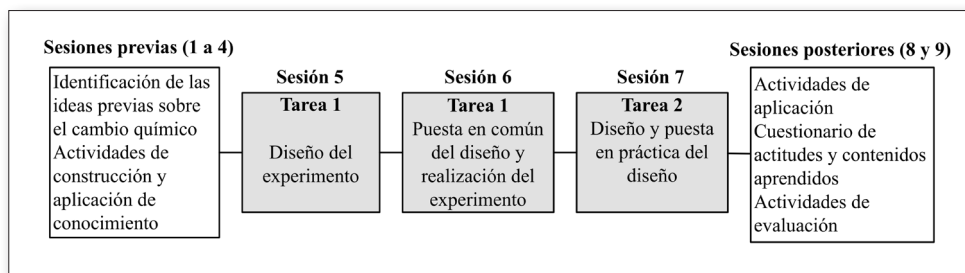


Fig. 1. Diseño de la secuencia sobre reacciones químicas.

Las actividades analizadas en este artículo se corresponden con las sombreadas en la figura (tareas 1 y 2).

La tarea 1 lleva por título «¡Bébetelo zumo, que se pierde la vitamina C!», y se realiza a lo largo de dos sesiones (la 5 y la 6) una vez que los estudiantes han trabajado el cambio químico y los tipos de reacciones. En la primera sesión los estudiantes tienen que planificar cómo resolver el problema: averiguar si es cierto que la vitamina C desaparece si no se bebe el zumo recién exprimido. Mientras que en la segunda sesión tienen que poner en práctica el diseño elaborado en la primera. Entre la planificación y la experimentación se realiza una puesta en común en la que se comentan y se revisan las respuestas proporcionadas por cada pequeño grupo con el objetivo de alcanzar un consenso sobre el procedimiento que se debe seguir para realizar la investigación.

Teniendo en cuenta que es la primera vez que los estudiantes realizan una actividad de este tipo, se les proporciona un guión con una serie de informaciones que les ayudarán a resolver la tarea, por ejemplo, los factores que influyen en la degradación de la vitamina C y cómo se puede identificar dicha degradación mediante una reacción química.

En cuanto a la tarea 2, denominada «Investigadores en acción», los estudiantes, en una sesión de 50 minutos, tienen que planificar y resolver una cuestión en la que interviene una reacción similar a la de la actividad anterior. En este caso se pretende que investiguen si es cierto que algunas marcas de embutidos incluyen cierta proporción de almidón como sustituto de la carne que están vendiendo. Dado que la tarea en sí y el propio diseño que han de elaborar y poner en práctica es mucho más sencillo que el de la tarea anterior, no se proporciona ningún tipo de información adicional. En este caso el propósito es analizar si los estudiantes son capaces de aplicar lo aprendido en otro contexto, es decir, averiguar si existe transferencia de conocimiento. Los guiones de ambas tareas así como el modelo de informe que tienen que cubrir los estudiantes se reproducen en el anexo.

Toma de datos y herramientas de análisis

Para la toma de datos, se utilizan las respuestas escritas del alumnado relativas a las distintas demandas de las tareas (diseños e informes finales).

En cuanto al análisis de los resultados, se comparan las respuestas escritas de los estudiantes con las de referencia, que se detallan en la tabla 1.

Tabla 1.
Respuestas de referencia relativas a cada operación de indagación

<i>Operación</i>	<i>Descripción tarea 1</i>	<i>Descripción tarea 2</i>
Identificación del problema	Comprobar si se pierde la vitamina C en el zumo	Comprobar si existe almidón en una serie de embutidos
Reconocimiento de hipótesis	<p>a) La vitamina C pierde su acción con la exposición a la luz o en contacto con el oxígeno del aire, por tanto, si no bebemos el zumo recién exprimido se pierden vitaminas.</p> <p>b) Tienen que pasar unas horas para que la vitamina C pierda su acción, por lo tanto, las vitaminas no se pierden aunque no nos bebamos el zumo recién exprimido.</p>	<p>a) Los embutidos contienen almidón si se observa un color azul-violáceo al añadirles unas gotas de yodo.</p> <p>b) Los embutidos no contienen almidón si se observa un color anaranjado al añadirles unas gotas de yodo.</p>
Selección de materiales	Naranjas, cuchillo, exprimidor, harina de maíz (nombre comercial, maizena) como fuente de almidón, agua, betadine, tubos de ensayo y vasos de precipitados.	Embutidos, betadine, cuchillo y vidrios de reloj.
Selección de cantidades (aproximadas)	Unos mililitros de almidón y agua. Unas gotas de zumo de naranja y betadine (más cantidad de almidón y agua que de zumo y betadine).	Unas gotas de betadine y trozos pequeños de los distintos tipos de embutidos.
Diseño del procedimiento	Exprimir las naranjas y dejar el zumo en reposo. Preparar la disolución indicadora y añadirla a tres tubos de ensayo. Añadir unas gotas de agua a uno de los tubos que contiene la disolución indicadora, a otro, zumo de naranja recién exprimido hasta que se vuelva transparente. Repetir el procedimiento con zumo que lleve tiempo exprimido y observar si existen diferencias.	Cortar trozos pequeños de embutido y colocarlos en el vidrio de reloj. Añadirles unas gotas de betadine y observar si se produce cambio de color.
Obtención de datos	El tubo 1 (control) tiene un color azulado, no se vuelve transparente al añadirle la disolución indicadora. El tubo 2 (zumo recién exprimido) se vuelve transparente, el tubo 3 (zumo no recién exprimido) se vuelve transparente. Repeticiones: mismos resultados.	En la mortadela, el chópé y el jamón cocido se observa una coloración azul y en la pechuga de pavo un color anaranjado. Repeticiones: mismos resultados.
Interpretación de resultados	Los tubos de color azul no contienen vitamina C y los tubos de color transparente contienen vitamina C.	La mortadela, el chópé y el jamón cocido contienen almidón y la pechuga de pavo no.
Establecimiento de conclusiones	La idea de que si no tomamos el zumo recién exprimido no ingerimos la vitamina C es falsa, ya que, como comprobamos en el laboratorio, el zumo exprimido dos horas antes todavía contiene vitamina C, puesto que al añadirle la disolución indicadora se vuelve transparente.	De los embutidos analizados, la mortadela, el chópé y el jamón cocido, en vez de contener solo carne, llevan, además, otros componentes como el almidón, ya que, como comprobamos en el laboratorio, se vuelven de color azul al añadirles yodo.

A partir de la comparación entre las respuestas del alumnado y las de referencia, se establecen tres categorías de análisis que se detallan a continuación:

- Respuestas correctas: aquellas que se ajustan a lo establecido en las de referencia.
- Respuestas incorrectas: aquellas no relacionadas con lo establecido en el marco de referencia y que no permiten resolver la tarea de forma adecuada.
- Sin respuesta: aquellas operaciones para las cuales el alumnado no proporciona ninguna información.

Estas categorías se utilizan para el análisis de ambas tareas.

RESULTADOS

Los resultados se examinan por separado para cada objetivo de investigación.

Desempeños del alumnado relativos al aprendizaje de resolución de actividades de indagación en el laboratorio

Los resultados se examinan por separado para cada clase (3.º de ESO A y 3.º de ESO B) y dentro de cada clase para cada pequeño grupo (N=7 en cada clase). Para cada operación de indagación, se identifican las respuestas correctas, incorrectas y la ausencia de respuesta. Los resultados se resumen en la tabla 2.

Tabla 2.
Respuestas del alumnado a los informes de laboratorio relativos a la tarea 1

<i>Categorías</i>	<i>3.º ESO A</i>			<i>3.º ESO B</i>		
	<i>Nc</i>	<i>Ni</i>	<i>Ns</i>	<i>Nc</i>	<i>Ni</i>	<i>Ns</i>
<i>a)</i> Reconocimiento de hipótesis	7	-	-	4	3	-
<i>b)</i> Selección de materiales	7	-	-	3	3	1
<i>c)</i> Selección de cantidades	1	6	-	-	6	1
<i>d)</i> Diseño del procedimiento	1	5	1	1	5	1
<i>e)</i> Obtención de datos	5	2	-	7	-	-
<i>f)</i> Interpretación de resultados	5	2	-	4	3	-
<i>g)</i> Establecimiento de conclusiones	6	1	-	6	1	-

Leyenda: Nc = número de respuestas correctas; Ni = número de respuestas incorrectas; Ns = número de cuestiones sin respuesta.

Como se observa en la tabla 2, en general existe un mayor número de respuestas correctas frente a las incorrectas en ambas clases, siendo la diferencia mayor en la clase A (32 frente a 16) que en la clase B (25 frente a 21). Además, el número de ausencia de respuestas es muy bajo en ambas clases (una en la clase A y tres en la clase B), lo que podría ser un indicador de la implicación del alumnado en la resolución de la tarea.

En cuanto a la comparación entre clases, en la clase A hay un mayor número de grupos que proporcionan respuestas correctas que en la clase B.

Respecto a las operaciones de indagación, existen diferencias entre los grupos en cuanto a las respuestas correctas para cada categoría, siendo aquellas para las que proponen el menor número de respuestas correctas: el diseño del procedimiento y la selección de cantidades (en ambas clases). A continuación se examinan los resultados para cada operación de indagación en las dos clases y se documentan con ejemplos de las producciones escritas de los estudiantes.

a) Reconocimiento de hipótesis

En esta categoría existen diferencias entre las clases; en la clase A la totalidad de los grupos propone una respuesta correcta, mientras que en la clase B solo 4 grupos lo hacen. Cabe señalar que todos los grupos excepto uno consideran la misma hipótesis: «Creemos que si no tomamos el zumo recién exprimido pierde la vitamina C, al estar expuesto a la luz y al oxígeno». La hipótesis que comparten coincide con la creencia popular que se pretende desmontar.

b) Selección de materiales

En la clase A, la totalidad de los grupos propone una respuesta correcta, mientras que en la clase B, solo tres de siete grupos lo hacen. El siguiente ejemplo se corresponde con el grupo 2 de la clase A: «Usaríamos naranjas, cuchillo, exprimidor, vasos de precipitado, almidón, agua y betadine». Los materiales que seleccionan son los adecuados ya que son los que necesitan en la investigación.

c) Selección de cantidades

En esta categoría los estudiantes, dado que no tienen conocimientos de estequiometría, solo tienen que identificar que se necesita más cantidad de agua y almidón que de betadine y zumo. Solo un grupo de la clase A proporciona una respuesta correcta para esta categoría, mientras que en la clase B ninguno lo hace. La propuesta dada es la siguiente: «Deberíamos usar menos cantidad de zumo de naranja para añadirlo a la disolución de maizena y betadine», que coincide con lo que se propone como respuesta de referencia (tabla 1).

d) Diseño del procedimiento

En esta categoría solo un grupo, tanto en la clase A como en la B, propone un procedimiento adecuado. El grupo de la clase A propone lo siguiente: «1. Se exprimen las naranjas con la ayuda de un exprimidor y se deja reposar el zumo. 2. Preparamos la disolución yodo-almidón. 3. Añadimos poco a poco el zumo de naranja a la disolución. 4. Comprobamos si la mezcla es transparente». Cabe señalar que aunque se considera adecuado porque permite llevar a cabo la investigación, está poco detallado, ya que, por ejemplo, no explican cómo van a preparar la disolución indicadora (yodo-almidón).

El grupo de la clase B propone un procedimiento más detallado que el anterior: «1. Se exprimen las naranjas. 2. Preparamos el compuesto yodo-almidón. 3. Añadimos el zumo de naranja al compuesto. 4. Se volverá transparente. 5. Repetimos el proceso con un zumo que lleve un tiempo en reposo y comprobamos si se vuelve transparente o no, con lo que averiguaremos si sigue teniendo vitamina C». Este procedimiento se considera más completo que el de la clase A, ya que en él se contempla utilizar dos zumos: uno recién exprimido, para comprobar el efecto del indicador (se vuelve transparente al mezclarlo con la disolución yodo-almidón), y otro con un zumo exprimido unas horas antes de realizar el experimento, para comprobar si el tiempo transcurrido influye o no en la reacción. Aun así, faltan algunos aspectos ya que, al igual que en el procedimiento anterior, tampoco indican cómo preparan el indicador.

e) Obtención de datos

Para esta categoría, se identifican un mayor número de grupos que responden correctamente en la clase B que en la clase A; el total de los grupos en la primera frente a cinco en la segunda. Un ejemplo de respuesta es el siguiente: «El tubo 1 se vuelve azul al añadirle la disolución indicadora. El tubo 2 se vuelve transparente, el tubo 3 se vuelve transparente». Esta respuesta se corresponde con las observaciones realizadas.

f) Interpretación de resultados

Relativo a esta categoría, se obtienen resultados similares en ambas clases; cinco grupos proponen respuestas correctas en la clase A y cuatro lo hacen en la clase B. Una de ellas es la siguiente: «Los tubos

que tienen el color azul no tienen vitamina C y los que se vuelven transparentes contienen vitamina C», que se corresponde con la de referencia.

g) Establecimiento de conclusiones

En esta categoría seis de los siete grupos proponen conclusiones correctas en ambas clases. Un ejemplo es la conclusión del grupo 4 de la clase B (que reproducimos textualmente): «El mito de que si no tomamos el zumo recién exprimido no ingerimos la vitamina C es falso, ya que al añadirle la disolución indicadora al tubo que contiene el zumo exprimido dos horas se vuelve transparente, sigue teniendo vitamina C».

Cabe señalar que un grupo en la clase A y dos en la clase B de esos seis que establecen conclusiones adecuadas no interpretan correctamente los resultados obtenidos. Esto puede deberse a la falta de articulación de todas las operaciones implicadas en el proceso de indagación.

En resumen, del análisis de los resultados se extrae que a nivel general el alumnado proporciona respuestas adecuadas, lo cual es alentador al tratarse de la primera vez que realizan una actividad de indagación; sin embargo, existen algunas operaciones como la selección de cantidades y el diseño del procedimiento en las que el número de respuestas que se ajustan al modelo de referencia es muy bajo; por tanto es necesario trabajarlas con mayor profundidad.

Evolución en la resolución de actividades de indagación en el laboratorio

Al igual que en el apartado anterior los resultados se examinan por separado en cada clase, en este caso el propósito es comprobar si existen mejoras en el número de respuestas correctas a la hora de redactar los informes de laboratorio. Los resultados de ambas clases se resumen en la tabla 3.

Tabla 3.
Respuestas del alumnado a los informes de laboratorio relativos a la tarea 2

<i>Categorías</i>	<i>3.º ESO A</i>			<i>3.º ESO B</i>		
	<i>Nc</i>	<i>Ni</i>	<i>Ns</i>	<i>Nc</i>	<i>Ni</i>	<i>Ns</i>
<i>a)</i> Reconocimiento de hipótesis	7	-	-	4	3	-
<i>b)</i> Selección de materiales	7	-	-	7	-	-
<i>c)</i> Selección de cantidades	6	1	-	7	-	-
<i>d)</i> Diseño del procedimiento	3	-	4	1	-	6
<i>e)</i> Obtención de datos	5	-	2	5	-	2
<i>f)</i> Interpretación de resultados	5	-	2	5	-	2
<i>g)</i> Establecimiento de conclusiones	5	-	2	5	-	2

Leyenda: Nc = número de respuestas correctas; Ni = número de respuestas incorrectas; Ns = número de cuestiones sin respuesta.

Al igual que en la tarea 1, el conjunto de respuestas correctas en ambas clases es superior a las incorrectas y a la ausencia de respuestas. En este caso la ausencia de respuestas supera a las incorrectas en ambas clases, lo cual puede explicarse en función del diseño de la tarea. En esta ocasión es menos dirigida que la anterior, ya que no se les proporciona información sobre las operaciones que se han de incluir en la planificación de la investigación ni tampoco para la puesta en práctica de esta.

En esta tarea el número de respuestas correctas es superior en la clase A que en la clase B, 38 frente a 34, aunque la diferencia entre clases es mucho menor que para la tarea anterior, en la que la clase A proponía el doble de respuestas correctas.

En cuanto a las distintas operaciones, el diseño del procedimiento sigue siendo la categoría para la cual se identifica un número menor de propuestas correctas (tres en la clase A y una en B), aunque cabe señalar que todos los que responden lo hacen de forma correcta. La selección de materiales y cantidades son las operaciones para las que más respuestas adecuadas se proponen (todos los grupos de ambas clases para la primera y seis y siete grupos para la segunda categoría). Respecto al resto de operaciones (obtención de datos, interpretación de resultados y establecimiento de conclusiones), se identifica el mismo número de respuestas correctas (cinco grupos de siete) en ambas clases.

Además, dado que la tarea 2 se llevó a cabo con el propósito de examinar el proceso de transferencia del conocimiento del alumnado en las operaciones de indagación, resulta interesante comparar sus desempeños en ambas tareas, lo cual se representa en la figura 2.

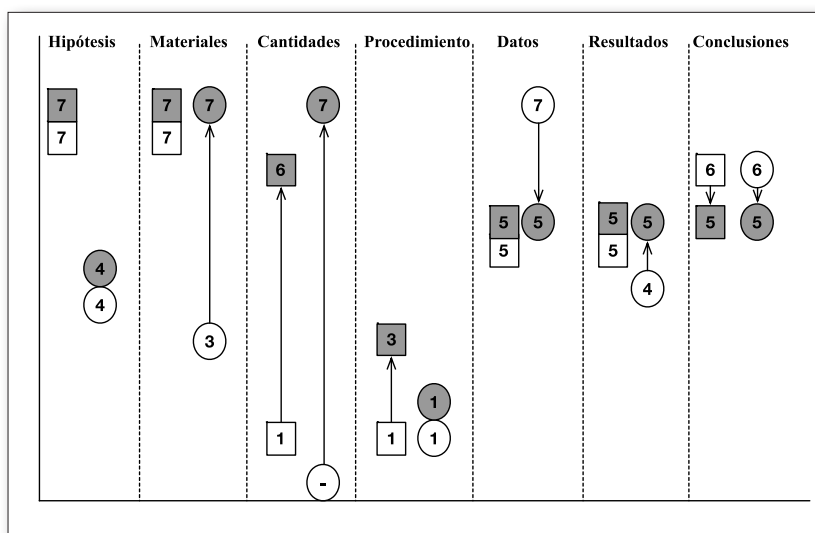


Fig. 2. Comparación de resultados en ambas tareas para cada operación.

Leyenda: □ clase A en la tarea 1; ■ clase A en la tarea 2; ○ clase B en la tarea 1; ● clase B en la tarea 2.

En la figura 2 se representa el número de grupos que proporcionan respuestas correctas para cada operación de indagación en la tarea 1 y en la tarea 2. En general no hay una pauta clara de evolución; hay operaciones para las cuales el número de respuestas correctas se mantiene en la tarea 2 con respecto al de la tarea 1, otras en las que el número es mayor en la tarea 2 y otras para las cuales disminuye con respecto a la tarea 1. Por tanto es necesario analizar cada operación por separado. Los resultados más interesantes son los relativos a aquellas operaciones en las que los grupos evolucionan positivamente de la tarea 1 a la 2. Esto se observa para las categorías de selección de materiales y selección de cantidades. En la primera, la clase B evoluciona considerablemente, pasando de 3 grupos que proporcionan respuestas correctas en la tarea 1 al total de los grupos en la tarea 2. En la segunda categoría ambas clases evolucionan, pasando de un grupo que proporciona respuestas correctas a seis en la clase A y de ninguno a siete en la clase B. Esto es especialmente interesante, ya que los estudiantes no están acostumbrados a tener que seleccionar las cantidades en un experimento, sino a utilizar unos valores prefijados por la docente o por el guión de la actividad que se ha de realizar.

Otros resultados se corresponden con la evolución negativa o involución en algunas categorías, como la interpretación de datos en la clase B, que pasa de siete grupos a cinco, o el establecimiento de conclusiones en ambas clases. Estos resultados podrían estar relacionados con el diseño de la tarea 2,

aunque más sencilla, menos dirigida que la primera, ya que solo se les indica que deben realizar una planificación de la investigación y ponerla en práctica, mientras que en la tarea 1 se les proporciona una serie de cuestiones relacionadas con la planificación y puesta en práctica que tienen que responder. Cabe señalar que en este caso la evolución negativa se identifica solamente en dos grupos de la clase B para la operación de obtención de datos y en un grupo de ambas clases para la operación de establecimiento de conclusiones, por tanto no es una pauta clara. Quizá una entrevista a los participantes podría haber ayudado a interpretar este resultado.

CONCLUSIONES E IMPLICACIONES EDUCATIVAS

La enseñanza y aprendizaje de las reacciones químicas es un contenido fundamental de la química y se aborda en todos los cursos de educación secundaria. Debido a las dificultades que implica su aprendizaje para el alumnado, una forma de facilitar su comprensión es a través de la experimentación. Para ello, las actividades de indagación constituyen un recurso idóneo, ya que permiten poner en práctica el conocimiento teórico para resolver un problema práctico.

En este artículo se examina el proceso de familiarización del alumnado de secundaria con la resolución de actividades de indagación sobre la reacción química en el laboratorio y el proceso de transferencia a otro contexto.

Los resultados obtenidos en la tarea 1 apuntan a las dificultades de los estudiantes en ciertas operaciones de indagación, especialmente la selección de cantidades y la propuesta del procedimiento.

El hecho de que la propuesta de procedimiento sea la categoría para la que se proporciona un menor número de respuestas correctas en ambas tareas sugiere que es la parte más complicada para el alumnado. Esto puede justificarse por la falta de experiencia en la elaboración de procedimientos o diseños experimentales en general, lo que coincide con algunos resultados de otros trabajos (Crujeiras y Puig, 2014; Vélchez y Bravo, 2015).

En cuanto a la transferencia de conocimiento, se observa cierta evolución en la tarea 2 para algunas operaciones relacionadas con la fase de planificación (selección de cantidades y materiales), mientras que para otras relacionadas con la puesta en práctica, como el establecimiento de conclusiones, se observa una evolución negativa. Esto es un resultado positivo, debido al gran número de dificultades asociadas al proceso de planificación que se documentan en la literatura (Hickey *et al.*, 2003; Krajcik *et al.*, 1998; Zimmerman, 2000). Cabe señalar que la evolución debería examinarse en un periodo de tiempo más amplio y realizando tareas de indagación sobre las reacciones químicas con complejidad creciente. No obstante, esta es una pequeña aproximación que sirve como punto de partida para identificar aquellas etapas en las que el alumnado presenta más dificultades y que, por lo tanto, deberían trabajarse más en el aula.

Aunque los resultados obtenidos no son excelentes, cabe señalar que el alumnado nunca se había enfrentado a la resolución de este tipo de tareas, solamente actividades tipo «receta», por tanto, aunque las operaciones que tenían que llevar a cabo eran sencillas, para ellos resultaron ser complejas. Además, estas actividades fueron realizadas con el propósito de familiarizarlos con las reacciones redox de forma práctica a la vez que participaban en la indagación, ya que en general el problema de muchas actividades de indagación es que no se relacionan con el conocimiento teórico necesario para llevar a cabo la indagación y se centran solamente en las destrezas (Crujeiras y Jiménez, 2015).

Para finalizar, pensamos que el aprendizaje de las reacciones químicas a través de actividades de indagación en el laboratorio, como las analizadas en este artículo, permite la aplicación de los contenidos en situaciones de la vida cotidiana, lo cual contribuye a superar algunas de las dificultades señaladas en la literatura (Johnstone, 1993; Soudami *et al.*, 2000). Cabe indicar que, aunque el aprendizaje de las

reacciones químicas a través de la indagación en el laboratorio presenta grandes beneficios para el alumnado, es necesario familiarizarlos con la resolución de este tipo de tareas si queremos conseguir resultados satisfactorios, especialmente en las operaciones implicadas en el proceso de planificación. Para familiarizar al alumnado con dicho proceso es necesario proporcionarles diferentes oportunidades de elaborar los diseños experimentales, profundizando en cada operación implicada por separado. En este sentido, el andamiaje por parte del profesorado es fundamental, tal y como sugieren Puntambekar y Kolodner (2005) o Blanchard *et al.* (2010). Dicho andamiaje puede proporcionarse a través de diversas estrategias, como descomponer las tareas en problemas más pequeños o a través del uso de textos que describan el proceso de una indagación escolar para que los estudiantes identifiquen dichas etapas (Vílchez y Bravo, 2015). Otra forma de andamiaje puede proporcionarse a través del uso de ciertos recursos. Un ejemplo sería utilizar unas tarjetas con una serie de cuestiones relacionadas con las fases que comprende el diseño de la investigación y que su respuesta constituya dicho diseño (Crujeiras y Puig, 2014). Elaborar bases de orientación (Hinojosa y Sanmartí, 2012) encaminadas a la comprensión de las demandas de la tarea así como de las etapas de indagación también podría ser útil. En definitiva, los desempeños del alumnado en la indagación podrían mejorarse a través del uso de numerosos recursos y estrategias como las citadas; sin embargo, no podrá conseguirse si no se fomenta la resolución de actividades de indagación en las aulas de forma regular para que los estudiantes se familiaricen con las operaciones implicadas en dicho proceso.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo forma parte del proyecto EDU2015-66643-C2-2-P financiado por el Ministerio de Economía y Competitividad. Las autoras agradecen al alumnado que participó en el estudio así como también a los revisores del artículo, cuyas aportaciones han contribuido a mejorar su calidad.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANDERSSON, B. (1990). Pupils' conceptions of matter and its transformations (age 12-16). *Studies in Science Education*, 18, 53-85.
<http://dx.doi.org/10.1080/03057269008559981>
- ARAGÓN, M.M., OLIVA-MARTÍNEZ, J.M. y NAVARRETE, A. (2013). Evolución de los modelos explicativos de los alumnos en torno al cambio químico a través de una propuesta didáctica con analogías. *Enseñanza de las Ciencias*, 31(2), 9-30.
- AUSTIN, R., HOLDING, B., BELL, J. y DANIELS, S. (1991). *Assessment Matters No. 7: Patterns and relationships in school science*. London: School Examinations and Assessment Council.
- BARKE, H.D. (2012). Two ideas of the redox reaction: misconceptions and their challenge in chemistry education. *American Journal of Chemical Education*, 2(2), 32-50.
- BLANCHARD, M.R., SOUTHERLAND, S.A., OSBORNE, J.W., SAMPSON, V.D., ANNETTA, L.A. y GRANGER, E.M. (2010). Is inquiry possible in light of accountability?: A quantitative comparison of the relative effectiveness of guided inquiry and verification laboratory instruction. *Science Education*, 94, 577-616.
<http://dx.doi.org/10.1002/sce.20390>
- CAAMAÑO, A. (1998). El cambio químico: un tema central de la investigación en didáctica de la química. *Alambique*, 17, 66-75.
- CHINN, C.A. y MALHOTRA, B.A. (2002). Epistemologically authentic inquiry in schools: a theoretical framework for evaluating inquiry tasks. *Science Education*, 86 (2), 175-218.
<http://dx.doi.org/10.1002/sce.10001>

- CRUJEIRAS, B. y JIMÉNEZ ALEIXANDRE (2012). Participar en las prácticas científicas: aprender sobre la ciencia diseñando un experimento sobre pastas de dientes. *Alambique: didáctica de las ciencias experimentales*, 72, 12-19.
- CRUJEIRAS, B. y JIMÉNEZ ALEIXANDRE, M.P. (2015). Desafíos planteados por las actividades abiertas de indagación en el laboratorio: articulación de conocimientos teóricos y prácticos en las prácticas científicas. *Enseñanza de las Ciencias*, 33(1), 63-84.
- CRUJEIRAS, B. y PUIG, B. (2014). Trabajar la naturaleza de la ciencia en la formación inicial del profesorado planificando una investigación. *Educació Química*, 17, 55-61.
- DE JONG, O. y TREAGUST, D. (2002). The teaching and learning of electrochemistry. En J.K. Gilbert, O. De Jong, R. Justi, D.F. Treagust y J.H. van Driel (Eds.). *Chemical Education: Towards research-based practice* (pp. 317-337). Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.
- DOMÉNECH CASAL, J. (2013). Secuencias de apertura experimental y escritura de artículos en el laboratorio: un itinerario de mejora de los trabajos prácticos en el laboratorio. *Enseñanza de las Ciencias*, 31(3), 249-262.
- DORI, Y.J. y HAMEIRI, M. (2003). Multidimensional Analysis System for Qualitative Chemistry Problems: symbol, macro, micro and process aspects. *Journal of Research in Science Teaching*, 40(3), 278-302.
<http://dx.doi.org/10.1002/tea.10077>
- DUSCHL, R.A. y GRANDY, R. (2013). Two views about explicitly teaching Nature of Science, *Science & Education*, 22, 2109-2139.
<http://dx.doi.org/10.1007/s11191-012-9539-4>
- ETKINA, E., MURTHY, S. y ZOU, X. (2006). Using introductory labs to engage students in experimental design. *American Journal of Physics*, 74(11), 979-986.
<http://dx.doi.org/10.1119/1.2238885>
- FURIÓ, C. y FURIÓ, C. (2000). Dificultades conceptuales y epistemológicas en el aprendizaje de los procesos químicos. *Educación Química*, 11(3), 300-308.
- GABEL, D. (1998). The complexity of chemistry and implications for teaching. En B.J. Fraser y K.G. Tobin (Eds.). *International handbook of science education* (Vol. 1). Londres: Kluwer Academic Publishers, pp. 233-248.
http://dx.doi.org/10.1007/978-94-011-4940-2_15
- GOTT, R. y DUGAN, S. (1995). *Investigative work in the Science curriculum*. Buckingham: Open University Press.
- GREY, P. (2012). Inquiry-based Science Education in Europe: Setting the Horizon 2020 Agenda for Educational Research? En Bolte, C., Holbrook, J., Rauch, F. (Eds.). *Inquiry-based Science Education in Europe: Reflections from the PROFILES Project*. Berlin: Freie Universität Berlin.
- HAIGH, M., FRANCE, B. y GOUNDER, R. (2012). Compounding Confusion? When Illustrative Practical Work Falls Short of its Purpose-A Case Study. *Research in Science Education*, 42, 967-984.
<http://dx.doi.org/10.1007/s11165-011-9226-5>
- HESSE, J.J. y ANDERSON, C.W. (1992). Students' conceptions of chemical change. *Journal of Research in Science Teaching*, 29, 277-299.
<http://dx.doi.org/10.1002/tea.3660290307>
- HICKEY, D.T., KINDFIELD, A.C.H., HORWITZ, P. y CHRISTIE, M.A.T. (2003). Integrating curriculum, instruction, assessment, and evaluation in a technology-supported genetics learning environment. *American Educational Research Journal*, 40(2), 495-538.
<http://dx.doi.org/10.3102/00028312040002495>

- HINOJOSA, J. y SANMARTÍ, N. (2012). La autoevaluación en la resolución de problemas de física. En J.M. Domínguez Castiñeiras (Ed). XXV Encuentro de Didáctica de las Ciencias Experimentales (Santiago de Compostela), pp. 59-66.
- HODSON, D. (1998). Is this really what scientists do? Seeking a more authentic inand beyond the school laboratory. En J. Wellington (Ed.). *Practical work inschool science-which way now?* Padstow: Routledge, pp. 93-108.
- JOHNSTONE, A.H. (1993). The development of chemistry teaching: A changing response to changing demand. *Journal of Chemical Education*, 70 (9), 701-705.
<http://dx.doi.org/10.1021/ed070p701>
- KRAJCIK, J., BLUMENFELD, P.C., MARX, R.W., BASS, K.M. y FREDRICKS, J. (1998). Inquiry in project-based science classrooms: Initial attempts by middle school students. *Journal of the Learning Sciences*, 7(3/4), 313-350.
<http://dx.doi.org/10.1080/10508406.1998.9672057>
http://dx.doi.org/10.1207/s15327809jls0703&4_3
- LEE, H-S. y SONGER, N.B. (2003). Making authentic science accessible tostudents. *International Journal of Science Education*, 25, 923-948.
<http://dx.doi.org/10.1080/09500690305023>
- LUNETTA, V.N., HOFSTEIN, A. y CLOUGH, M.P. (2008). Learning and teaching inthe school science laboratory: an analysis of research theory and practice. En S.K. Abell y N.G. Lederman (Eds.). *Handbook of Research on ScienceEducation*. New York: Routledge, pp. 394-441.
- MARTÍN DEL POZO, R. (2001). Lo que saben y lo que pretenden enseñar los futuros profesores sobre cambio químico. *Enseñanza de las Ciencias*, 19(2), 199-215.
- MINISTERIO DE EDUCACIÓN, CULTURA Y DEPORTE (MECD) (2014). Real Decreto 1105/2014, de 26 de diciembre, por el que se establece el currículo básico de la Educación Secundaria Obligatoria y del Bachillerato. *Boletín Oficial del Estado (BOE)*, 3, 169-546. Disponible en línea: <<https://www.boe.es/boe/dias/2015/01/03/pdfs/BOE-A-2015-37.pdf>>.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL (NRC) (1996). National Science Education Standards. Washington, DC: National Academies Press.
- ORGANISATION FOR ECONOMIC COOPERATION AND DEVELOPMENT (OECD) (2013). *PISA 2015 Draft Science Framework*. Paris: Autor. Disponible en: <[http://www.oecd.org/pisa/pisaproducts/Draft PISA 2015 Science Framework .pdf](http://www.oecd.org/pisa/pisaproducts/Draft_PISA_2015_Science_Framework.pdf)>.
- ORGANIZACIÓN PARA LA COOPERACIÓN Y DESARROLLO ECONÓMICO (OCDE) (2008). *Competencias científicas para el mundo del mañana*. Madrid: Santillana. Disponible en: <<https://books.google.es/books?id=abmZCJw0xAQC&pg=PA341&lpg=PA341&dq=Competencias+científicas+para+el+mundo+del+mañana.+Madrid:+Santillana&source=bl&ots=ksq6R5Bjec&sig=XxWyQKKZWrvSfegShqDCEap86x0&hl=es&sa=X&ei=poL9VKjuKI7qaMb5gNAL&ved=0CC0Q6AEwAg-v=onepa>>.
- OSBORNE, J. (2011). Science teaching methods: a rationale for practices. *School Science Review*, 93(343).
- PUNTAMBEKAR, S. y KOLODONER, J.K. (2005). Toward implementing distributed scaffolding: helping students learn science from design. *Journal of Research in Science Teaching*, 42(2), 185-271.
<http://dx.doi.org/10.1002/tea.20048>
- REISER, B.J., BERLAND, L.K. y KENYON, L. (2012). Engaging Students in Scientific Practices of Ex-plantation and Argumentation. *Science and Children*, 49(8), 8-13.
- SCHMIDT, H.J. (1997). Students' misconceptions-looking for a pattern. *Science Education*, 81(2), 123-135.
[http://dx.doi.org/10.1002/\(SICI\)1098-237X\(199704\)81:2<123::AID-SCE1>3.3.CO;2-W](http://dx.doi.org/10.1002/(SICI)1098-237X(199704)81:2<123::AID-SCE1>3.3.CO;2-W)
[http://dx.doi.org/10.1002/\(SICI\)1098-237X\(199704\)81:2<123::AID-SCE1>3.0.CO;2-H](http://dx.doi.org/10.1002/(SICI)1098-237X(199704)81:2<123::AID-SCE1>3.0.CO;2-H)

- SCHREIRER, M. (2012). *Qualitative content analysis in practice*. London, United Kingdom: Sage.
- SOUDANI, M., SIVADE, A., CROS, D. y MÉDIMAGH, M.S. (2000). Transferring knowledge from the classroom to the real world: redox concepts. *School Science Review*, 82(298), 65-72.
- TABER, K.S. (2015). The role of «practical» work in teaching and learning chemistry. *School Science Review*, 96(357), 75-83.
- TASKIN, V. y BERNHOLT, S. (2014). Students' understanding of chemical formulae: a review of empirical research. *International Journal of Science Education*, 36(1), 157-185.
<http://dx.doi.org/10.1080/09500693.2012.744492>
- TSAPARLIS, G. (2003). Chemical phenomena versus chemical reactions: Do students make the connection? *Chemistry Education Research and Practice*, 4(1), 31-43.
<http://dx.doi.org/10.1039/B2RP90035A>
- VALERO ALEMÁN, P. y MAYORA, F. (2009). Estrategias para el aprendizaje de la química de noveno grado apoyadas en el trabajo de grupos cooperativos. *Revista Universitaria de Investigación*, 10(1), 109-135.
- VÍLCHEZ GONZÁLEZ, J.M. y BRAVO TORIJA, B. (2015). Percepción del profesorado de ciencias de educación primaria en formación acerca de las etapas y acciones necesarias para realizar una indagación escolar. *Enseñanza de las Ciencias*, 33(1), 185-202.
<http://dx.doi.org/10.5565/rev/ensciencias.1529>
- YAN, F. y TALANQUER, V. (2015). Students Ideas about how and why chemical reactions happen: mapping the conceptual landscape. *International Journal of Science Education*, 37(18), 3066-3092.
<http://dx.doi.org/10.1080/09500693.2015.1121414>
- ZIMMERMAN, C. (2000). The development of scientific reasoning skills. *Developmental Review*, 20, 99-149.
<http://dx.doi.org/10.1006/drev.1999.0497>

ANEXO

GUIÓN DE LAS TAREAS DE LABORATORIO PROPORCIONADO A LOS ESTUDIANTES

Tarea 1: ¡Bébetelo el zumo, que se pierde la vitamina C!

¿Cuántas veces te ha dicho esto tu madre por las mañanas? Muchas, ¿verdad? Y es que existe la creencia de que si no tomamos el zumo recién exprimido no ingerimos la vitamina C que contiene. Pues bien, para comprobar si es cierto diseñaremos un experimento en el laboratorio. Para ello podéis utilizar la siguiente información:

Información

- El zumo de naranja contiene vitamina C, que es un nutriente esencial para los seres humanos, sin embargo puede perder su acción cuando está expuesta a la luz y al oxígeno o también cuando entra en contacto con el calor.
- Para comprobar si el zumo de naranja contiene vitamina C usaremos nuestros conocimientos de Física y Química sobre las reacciones químicas y la identificación de sustancias.
- El yodo (I_2) es un elemento químico que se utiliza, por ejemplo, para elaborar el betadine que echamos en las heridas o para averiguar la calidad de los embutidos o de otros alimentos. ¿Cómo se utiliza?

El yodo reacciona con las sustancias que contienen almidón a través de la siguiente reacción:

Yodo + Almidón ->	Compuesto yodo-almidón
(rojo)	(azul-violáceo)

El yodo es de color rojizo cuando se encuentra en disolución y si se une a un compuesto de almidón, forma otro compuesto diferente de color azul-violáceo.

- Así, al añadir el zumo de naranja al compuesto (yodo-almidón), si este contiene vitamina C, se perderá la coloración de dicho compuesto.

Compuesto yodo-almidón + Vitamina C ->	Disolución
(azul-violáceo)	(transparente)

- Además, para poder preparar nuestra reacción utilizaremos materiales de uso casero como la maizena (almidón de maíz) y el betadine (yodo en disolución).

Tarea 2: ¡Investigadores en acción!

Necesitamos tu ayuda para averiguar si es cierto que varias marcas de embutidos están cometiendo un fraude, vendiéndonos ciertos embutidos con almidón, en vez de la carne que deberían llevar. Esto es muy importante, ya que son muy utilizados, por ejemplo, en los bocadillos de las meriendas. ¿Cómo podemos averiguar si nos están vendiendo gato por liebre?

Os proponemos realizar un experimento para desenmascarar a estos impostores. Para ello deberéis elaborar primero un diseño experimental explicando todos los pasos que se han de seguir en esta investigación.

Para ayudaros en la resolución, ¿qué reacción química tendremos que tener en cuenta? Para encontrar la reacción podéis leer de nuevo el guión de la actividad «¡Bébetelo el zumo, que se pierde la vitamina C!».

Guía para ayudar al alumnado a resolver la tarea 1

1. Problema que resolver. ¿Qué queréis averiguar?
2. Hipótesis. ¿Qué creéis que va a pasar?
3. Diseño del experimento. ¿Cómo diseñaríais vuestro experimento?
 - 3.1. ¿Creéis que deberéis usar zumo recién exprimido o deberéis utilizar zumos exprimidos de unas horas antes o del día anterior? ¿Por qué?
 - 3.2. ¿Creéis necesario hacer el experimento solo con zumo natural o por el contrario deberíais hacerlo con zumo envasado o incluso con bebidas gaseosas de naranja?
 - 3.3. ¿Qué cantidades deberías usar de zumo de naranja, Maizena y de Betadine?
 - 3.4. ¿Qué materiales usaríais?
 - 3.5. ¿Cómo habéis desarrollado vuestro diseño? (Procedimiento)
4. Análisis de resultados. ¿Qué habéis observado?
 - 4.1. Datos obtenidos.
 - 4.2. Interpretación de resultados: ¿Qué quieren decir?

Learning chemical reactions through inquiry-based laboratory tasks about everyday life issues

Leticia González Rodríguez, Beatriz Crujeiras Pérez
Universidade de Santiago de Compostela
leticia.gonzalez.rodriguez@rai.usc.es, beatriz.crujeiras@usc.es

This paper examines high school students' performances when solving two inquiry-based tasks about chemical reactions, in which they have to plan how to solve issues related to everyday life. The focus of the paper is to explore the process of students' familiarization with planning investigations, using redox reactions as a context for inquiry, rather than analysing their knowledge about chemical reactions through the laboratory tasks.

The research objectives are: 1) to analyse students' performances through their responses in the written reports for the two inquiry-based laboratory tasks; and 2) to examine students' evolution in their inquiry performances from the first task to the second, or in other words, the transference of knowledge.

The methods draw from qualitative content analysis (Schreier, 2012) aimed at systematically describing the meaning of qualitative material by classifying it as of the categories of a coding frame. The participants are two classes of 9th grade students attending Physics and Chemistry lessons, who work in small groups: classroom A (N=27) and classroom B (N=26). These students are familiar with laboratory work related to confirmatory experiences but not with guided inquiry laboratory tasks.

Data collection includes students' written responses related to the planning, researcher field notes and final reports for each task.

For the objective 1 the data are analysed by means of a rubric consisting of three categories. These categories have been developed by comparing students' performances related to each inquiry operation to the reference response in each task and correspond to: *a*) correct performances; *b*) incorrect performances; and *c*) no performance. The results indicate differences between classes (there are more groups that provide correct responses in class A than in class B). In general, students provide correct responses and the absence of performances is low, which means that they were engaged in the process of solving the task. However, there are differences in the number of correct responses for each inquiry operation. For instance the lowest number of correct responses corresponds to planning the investigation and selecting quantities in both classes. These findings suggest that these operations might be the most difficult for students.

Regarding the objective 2, to examine the transference of knowledge from task 1 to task 2, the data are analysed by means of the same rubric than those from task 1. Then students' performances related to both tasks are compared. In terms of evolution, there is not a clear pattern for the whole inquiry process, but there is a progress in some specific operations such as selecting quantities and selecting materials and equipment. This is a quite interesting result as students normally use pre-established values and materials provided by the teacher or the handout of the tasks. It needs to be highlighted that students' evolution should be examined in a broader period and by providing students tasks with progressing complexity in inquiry operations. However, this is a small approximation for identifying those operations that entail more difficulties for students and as a consequence teachers should focus on when proposing inquiry-based laboratory tasks. In light of these results we consider scaffolding from the teachers as a crucial strategy to make students progress in inquiry performances, especially in those operations that entail more difficulty, such as planning the procedure.